

# 仮現運動における奥行き手がかりの効果<sup>1</sup>

筑波大学大学院 (博) 心理学研究科 藤井 輝男

筑波大学心理学系 菊地 正

Effects of depth cues on apparent motion.

Teruo Fujii and Tadashi Kikuchi (*Institute of Psychology, University of Tsukuba, Ibaraki 305, Japan*)

Concerned with the spatial-temporal relations in Korte's third law of optimal apparent motion ( $\beta$  motion), two horizontal lines were repeatedly presented for 50 ms with varying ISI (0~900ms) against three different backgrounds: non-depth cue background, line background, and photo background.

Percent reports of  $\beta$  motion in depth increased when background had depth cues. However, no noticeable differences were found in percent reports of  $\beta$  motion (that is,  $\beta$  motion in both frontal plane and depth) among three background conditions. In addition, no differences were found either in the maximum percent reports between  $\beta$  motion in frontal plane and in depth plane or in percent reports between conditions in which the retinal distances were equal but phenomenal distances were not.

These results suggest that the separation to which Korte's third law refers is determined by the retinal distance rather than by phenomenal distance.

Key words:  $\beta$  motion (apparent motion), Korte's third law, phenomenal distance, retinal distance, depth cues.

仮現運動現象 ( $\beta$  運動) における運動印象の生じ方の違いは、刺激間の休止時間、刺激提示時間、刺激間の空間距離、刺激強度、刺激の形態、視野の状況などに依存する。これらの条件のどれか一つが変化した場合、明瞭な仮現運動印象が保たれるためには、その条件の変化を他の条件が補うように設定される必要がある。これはコルテの法則 (Koffka, 1935) として知られている。例えば、他の条件は一定の時最適運動印象を維持するためには、休止時間 (ISI) の増加は刺激間の空間距離 (s) を増大することで補償できる (コルテの第3法則)。

このコルテの第3法則における刺激間の空間距離 (s) に関し、それが (1) 刺激間の物理的距離か、

(2) 網膜上の距離か、それとも (3) 現象的距離 (みえの距離) であるかが問題とされてきた。この刺激間の空間距離 (s) が現象的距離であるとする研究 (小笠原, 1936; Corbin, 1942; Attneave & Block, 1973; Misceo & Cowan, 1983) と、必ずしも現象的距離ではないとする研究 (大羽, 1957; 盛永・野口・古川, 1965) とがある。

小笠原 (1936) は、明室・暗室条件、視角が一定で観察距離が異なる (現象的距離一定) 条件等で実験を行ない、コルテの第3法則における s は現象的距離でなければならないとした。また、Corbin (1942) は、刺激提示面を傾けて刺激の現象的距離を変えずに、網膜上の距離を減少させるという方法で実験を行った。その結果、傾きの違いは仮現運動の知覚にあまり影響をおよぼさず、網膜上の距離はそれ自体効果的ではなく現象的距離が重要であるとした。さらに、Attneave and Block (1973) や Misceo and

## 脚注

1. 本研究は筑波大学人間学類内田雅明君の昭和58年度卒業論文の実験資料に基づいている。

Cowan (1983) は、網膜上の距離は一定であるが、背景に奥行き手がかり(肌理の勾配)を持たせることにより見かけの距離を変化させ仮現運動の生起閾値との関連性を検討した。その結果、網膜上の距離が同一でも奥行き情報のある場合がない場合よりも仮現運動の閾値は高く、コルテの法則の  $s$  は網膜上の距離ではなく現象的距離であるとした。

一方、大羽(1957)は、小笠原(1936)の追試を単眼視、還元視の条件も加えて行ない、恒常性の完全な存在する明室条件において  $s$  は現象的距離であるとした。しかし、暗室条件でも明室条件と同様にかかなりの恒常性が保たれているにもかかわらず網膜上の距離によって仮現運動が影響されるという結果を得た。大羽は、あらゆる条件において仮現運動を左右する空間距離要因として現象的距離を持ち出すことは適切ではないとした。また、観察距離や視角、物理的距離を変数とした条件に加えて、網膜上の距離と現象的距離とを分離させるために2刺激間の奥行きを変化させた盛永・野口・古川(1965)も、明室条件では物理的距離が、暗室条件では網膜上の距離が仮現運動に影響をおよぼすとしている。

これらの研究では、最適運動時相と同時時相の境界にあたる刺激提示時間(duration)または休止時間(ISI)を閾値として測定し、その値をもとに  $s$  について検討を行なっている。しかし、その閾値が必ずしも仮現運動の最適運動印象を代表している値とは言いきれない。そこで、本研究では、閾値の測定ではなく、ISIの変化に伴う同時時相、運動時相、継起時相等の出現率の推移を測定することによりISIと各時相との関係を連続的にとらえると共に、背景として提示される奥行き手がかりの効果からコルテの第3法則の  $s$  について検討する。

## 方 法

**刺激図形** 仮現運動用の線刺激として線の太さと長さが各々 (a) 1.0 mm (視角  $0.07^\circ$ ), 13.5 mm ( $0.91^\circ$ ), (b) 1.2 mm ( $0.08^\circ$ ), 29.0 mm ( $1.96^\circ$ ), (c) 1.59 mm ( $0.11^\circ$ ), 42.0 mm ( $2.84^\circ$ ) の3種類の線図形が用いられた(Fig.1)。第1刺激に線図形(a)、第2刺激に線図形(b)を用いる upper 刺激条件と、第1刺激に線図形(b)、第2刺激に線図形(c)を用いる lower 刺激条件の2つの組み合わせが用いられた。第1および第2刺激の間隔距離は、upper 刺激条件(a~b間)、lower 刺激条件(b~c間)共に23.5 mm ( $1.59^\circ$ )であった。

**背景図形** 背景条件として次の3条件が設定された。

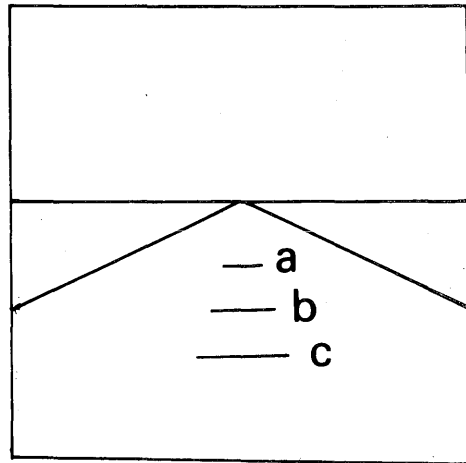


Fig. 1 The pictorial array used as line background. Lines a and b were paired as upper stimuli, b and c as lower stimuli.

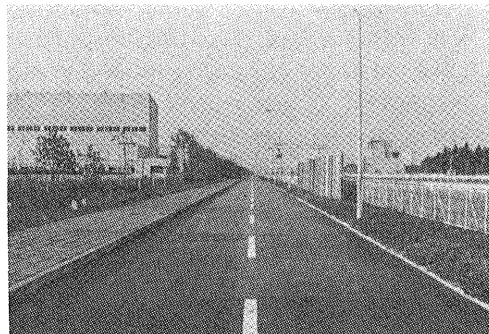


Fig. 2 Photo background which represents road perspective.

- ① NB条件(non-depth cue background) : 何も描かれていない背景。
- ② LB条件(line background) : 線画により奥行きが描かれた背景(Fig.1)で、次のPB図形(Fig.2)をもとにこれと同じ収束度となるように一点に収束してゆく線が描かれている。線には、幅1.0 mmのレトラライン・フレックステープ(レトラセット)が用いられた。
- ③ PB条件(photo background) : 写真により奥行き感が示される背景。筑波研究学園都市・土木研究所内の直線道路において撮影された写真が用いられた(Fig.2)。道路中央で高さが約2 mの位置から焦点距離無限大で撮影した。

**手続き** 3チャンネルタキストスコープ(竹井機器製DP-6型)のチャンネル1に第1刺激、チャ

ンネル2に第2刺激, チャンネル3には背景がセットされた。第1および第2刺激は提示時間(duration)50 msでISIをはさんで交互に連続提示される。背景は常に提示されていた。第1刺激と第2刺激の間の休止時間(ISI)は, 0 msから900 msまで20 msステップで46段階で変化される。このISIを20 msステップで0 msから開始して900 msまで変化させる上昇系列と900 msから0 msまで変化させる下降系列があり, 各刺激条件で上下下上・下上上下と計8回繰り返された。

実験者は先行研究を参考とし, 以下の5時相の生起する典型的な実験条件で被験者に観察してもらい, それに対して実験者が5つの時相と3種の方向について説明を行なった。

時相については:

同時時相: 第1刺激および第2刺激が同時に出現するように見える。

純粹運動時相: 対象は見えないが何かの移行が感じられる。

最適運動時相: 第1刺激提示位置と第2刺激提示位置の間に明瞭な良い運動が見られる。

トンネル時相: 運動軌道の中でトンネルをくぐり抜けて行くように見える。

継起時相: 第1刺激が消えてから第2刺激が出現するように見える。

方向については:

平面: 被験者の前額平行面上での動き。

斜め: 平面と奥行き方向の中間方向への動き。

奥行き: 被験者から遠ざかったり近づいたりする方向への動き。

5(時相の種類)×3(方向)で計15種の時相が被験者に説明された。被験者は, 各ISI段階ごとに上記の15種の時相のうちどのような時相が知覚されているのか報告を求められた。観察時相は各ISI段階で約2~4秒間であった。観察印象が15種の時相に合わない場合や, 形に変化が生じてみえた時にはその都度報告するように教示された。

各被験者について, 3(背景条件)×2(upper, lower条件)=6条件の全てが行なわれた。各条件の実施順序は被験者ごとにランダムとした。

注視は仮現運動の生起には関係しない(Hulin & Katz, 1934)ので, 注視点は設けなかった。

**被験者** 正常視力(両眼視力0.8以上で矯正を含む)を有する大学生5名(男子3名, 女子2名)。

### 結果と考察

**各時相の出現率** 各ISIにおいて, 被験者5名の

各時相の平均出現率(%)を求めた。Fig.3. a~cにISIの変化に伴う諸時相(同時時相~継起時相)の出現率の推移を, 各背景条件別に示した(a: NB条件, b: LB条件, c: PB条件)。upperとlowerの両刺激条件でほぼ同じ結果が得られたので, upper刺激条件の結果のみを示す。どの背景条件においてもISIの推移(0 ms~900 ms)に伴って, 平面同時時相から始まり全ての時相の知覚が報告されている。高

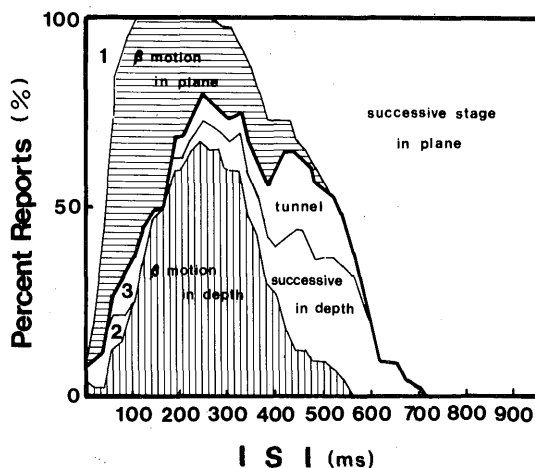


Fig. 3 .a Percent reports ( $n=5$ ) of each stage as a function of ISI under NB condition. 1) simultaneous stage in plane, 2) simultaneous stage in depth, 3) pure  $\phi$  in depth.

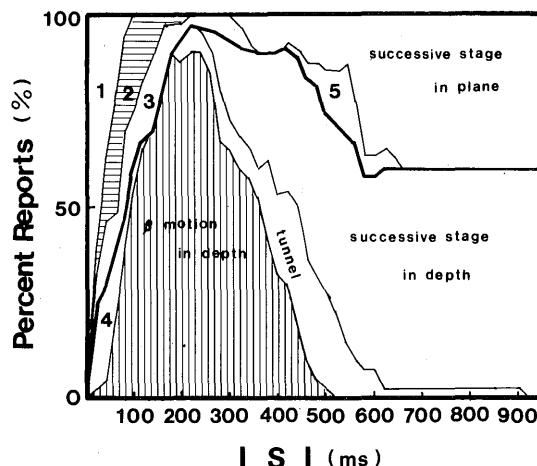


Fig. 3 . b Percent reports ( $n=5$ ) of each stage as a function of ISI under LB condition. 1) simultaneous stage in plane, 2)  $\beta$  motion in plane, 3) aslant  $\beta$  motion, 4) simultaneous stage in depth, 5) aslant successive stage.

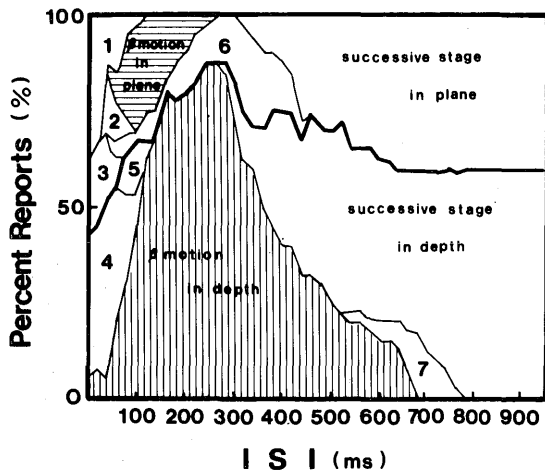


Fig. 3. c Percent reports ( $n=5$ ) of each stage as a function of ISI under PB condition.

1) simultaneous stage in plane, 2) pure  $\phi$  in plane, 3) aslant simultaneous stage, 4) simultaneous stage in depth, 5) pure  $\phi$  in depth, 6) aslant tunnel, 7) tunnel in depth.

い出現率を示す時相は、平面および奥行き最適運動時相と、平面および奥行きの継起時相の4種で他の時相はあまり高い出現率を示していない。また、背景条件によって各時相の出現率は異なっている。NB条件 (Fig.3.a) では、他の条件に比べて奥行き方向の出現率が少なくISIが700 ms以上になると平面継起時相しか現われていない。LB条件 (Fig.3.b)、PB条件 (Fig.3.c) は、両条件ともに奥行き方向の出現率がNB条件よりも高く、ISIが700 msをこえても50%以上の出現率を示している。各時相の出現率を見るかぎり、LB条件とPB条件は細かな差は見られるもののほぼ同じ傾向を示し、NB条件だけが異なった結果を示している。これは、背景が線画 (LB条件) でも奥行き情報の多い写真 (PB条件) でも仮現運動の出現率に差は認められず、奥行き情報量の程度は問題ではなくむしろ奥行き情報を持つ背景の有無が大きな効果を持つことを示している。

#### 現象的距離と網膜的距離

Fig.4は、奥行き最適運動時相に関して、upper刺激条件とlower刺激条件とを比較したものである。Fig.4は、PB条件の結果のみを示しているが、他の背景条件においても、upper刺激条件とlower刺激条件の違いはほとんど認められなかった。また、平面最適運動時相や他の時相に関しても同様にupper刺激とlower刺激の条件差は認められなかった。

コルテの第3法則のsが、網膜上の距離に対応す

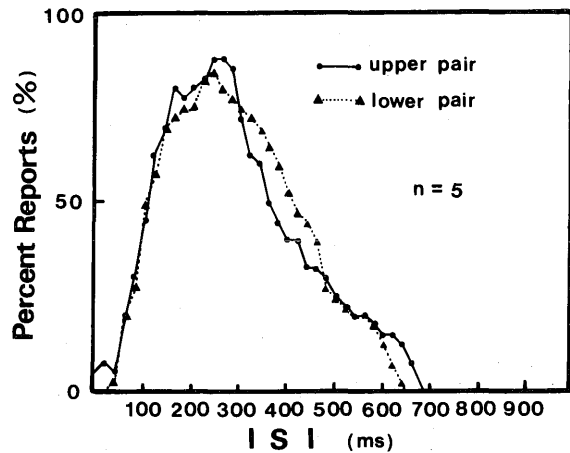


Fig. 4 Percent reports of  $\beta$  motion in depth as a function of ISI under PB condition.

● : upper stimulus condition.  
▲ : lower stimulus condition.

るのではなく現象的空間内での距離 (みかけの距離) に対応するのであれば、網膜上での距離は等しいが現象的距離が異なる upper刺激条件とlower刺激条件では、最適運動時相の出現する条件 (ISI) は異なったものになると考えられる。しかし、本研究では、背景上に投影された時の現象的距離が長い upper刺激条件と短い lower刺激条件でほぼ同じ結果が得られた (Fig.4)。これは、仮現運動の閾値が現象的距離に依存して変化するという考え (小笠原, 1936; Corbin, 1942; Attneave & Block, 1973; Misceo & Cowan, 1983) を否定するものである。

Misceo and Cowan (1983) は、同時時相と最適運動時相の境目を閾値として測定しているが、本研究では閾値を直接に測定するという方法はとっておらず条件ごとに見えを報告させて全ての条件 (ISI) についての出現率を算出している。この手続き上の違いがこのような結果の違いをもたらしたとも考えられる。しかし、Misceo and Cowanの閾値と同じには扱えないが、出現率50%時のISIを閾値として考えたとしても upper刺激とlower刺激の差は認められない (Fig.4)。いずれにせよ、upper刺激条件とlower刺激条件の結果から、コルテの第3法則におけるsは現象的距離に対応するとは言えず、大羽 (1957)、盛永・野口・古川 (1965) を支持すると思われる。

#### 背景の効果

Fig.5. a, b は、背景条件の効果を比較したもので平面最適運動時相について (Fig.5. a) と奥行き最

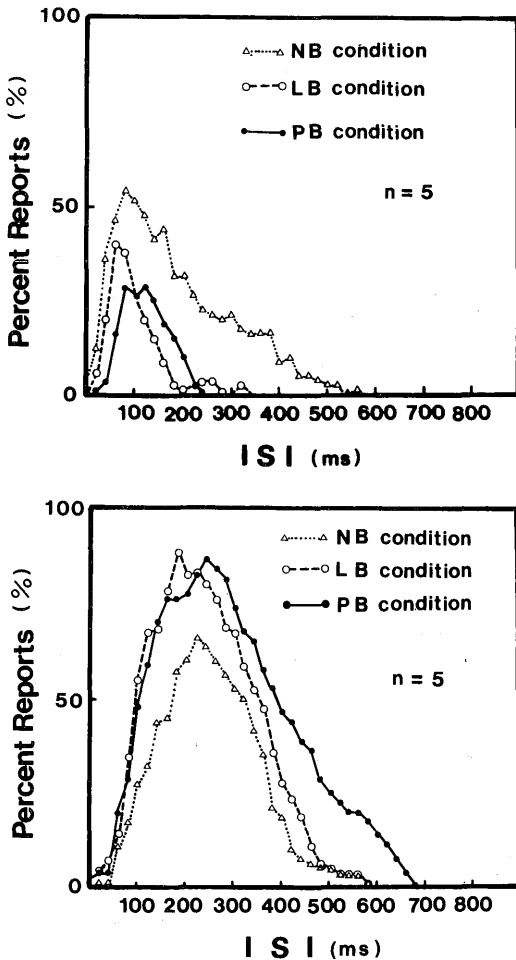


Fig. 5. a, b Percent reports of  $\beta$  motion in frontal plane (a) and in depth (b) as a function of ISI under each background condition.

- △ : non-depth cue background condition.
- : line background condition.
- : photo background condition.

適運動時相について (Fig. 5. b) のグラフである (upper 刺激条件と lower 刺激条件の平均値を用いた)。平面最適運動時相に関しては、NB 条件における出現率が他の背景条件に比較して常に高い値をとっている。これは、背景に奥行き手がかりが存在する場合よりも何もない場合が前額平行面上での運動 (平面時相) を知覚しやすいことを示している。背景の持つ奥行き情報量が多くなるに従い平面最適運動時相の出現率は減少する (LB 条件, PB 条件)。逆に、奥行き最適運動時相 (Fig. 5. b) については、背景の持つ奥行き情報量が多くなるに従い出現率は高くなる。奥行き最適運動時相 (Fig. 5. b) に比較して

平面最適運動時相 (Fig. 5. a) の出現率が少ないのは、第 1 刺激と第 2 刺激の線図形の長さが異なり (第 1 刺激の方が第 2 刺激よりも短い: Fig. 1 参照)、背景がなくてもそれだけで奥行き的に見えるためであろう。

各々の時相において出現率のピークは背景条件に関係なくほぼ同じ値をとっており、平面最適運動時相では ISI が約 100 ms、奥行き最適運動時相では約 220 ms である。背景における奥行き手がかりの効果は、仮現運動の出現率を全体的に高めたり減少させたりはするが、そのピーク (もっとも見やすい ISI 条件) に対しては影響を与えてはいない。

### 指標の問題

従来の研究 (Attneave & Block, 1973; Miscoe & Cowan, 1983) では、同時時相から運動時相への変化点 ( $\beta$  運動が最初に見える時) の刺激提示時間 (duration) や ISI を閾値として測定している。コルテの第 3 法則は、最適運動時相 ( $\beta$  運動) の保持に関する法則である。従って、コルテの第 3 法則の s に関して閾値を指標とするよりは最適運動時相の最もよく現われる条件 (出現率の最も高い時の duration または ISI) を指標とするべきではないだろうか。本研究では、閾値測定手続きは行なっておらず、全条件においてどのような知覚印象がどの程度の比率で生ずるかを ISI を独立変数として調べた。そして、前述したように、背景の効果が奥行き方向の仮現運動知覚の出現率の増大に影響をおよぼしていることを示しているが、出現率のピークに関しては影響を与えてはいないという結果が得られた。

仮現運動印象の中で、どの時相を指標として考えるかによって結果が異なってくる可能性は十分ありうる。奥行き運動印象でなくても平面上の  $\beta$  運動であればいいのか、奥行き運動印象のみを指標とするのかで当然結果は異なって来る。それは、本研究においても認められる。平面最適運動時相と奥行き最適運動時相では出現率のピークも背景の効果も異なっている (Fig. 5. a, b)。しかし、全ての先行研究においては、測度として運動印象の有無判断しか用いておらず、運動印象の簡単な分類は行なっているが、平面運動印象も奥行き運動印象も同じに扱い、単に運動印象が生じる条件を閾値としている。そこで、本研究結果の平面最適時相 (Fig. 5. a) と奥行き最適時相 (Fig. 5. b) の出現率をまとめた最適運動時相を各背景条件間で比較すると、運動時相の上限の ISI に少し差が認められるものの、3 条件間にほとんど差は認められなかった (Fig. 6)。これは、平面時相とか奥行き時相とか分けずに単に最適運動時

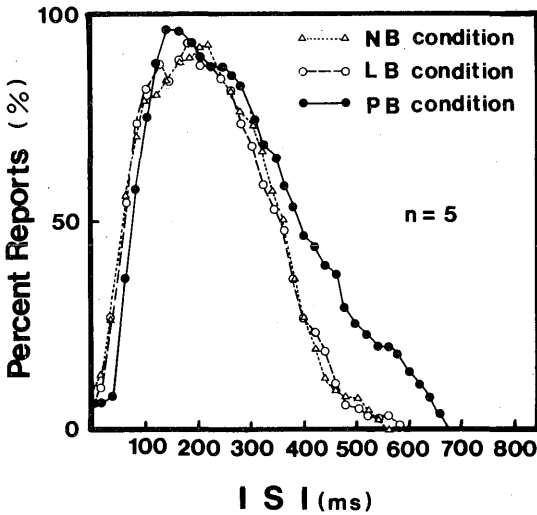


Fig. 6 Percent reports of  $\beta$  motion in both frontal plane and depth (percent reports of Fig. 5 .a and those of Fig. 5 . b are pooled under each background condition).

相を測定対象とすれば、背景の効果は全く見られないということを示している。

背景の奥行き情報によってもたらされる現象的空間の影響は運動印象の変化という形で確かに認められるが、出現率のピークに変化が認められなかったことや、upper, lower 刺激条件の結果が同じであったことと、平面と奥行きを合わせた最適運動時相は背景の効果をほとんど受けないという結果から、コルテの第3法則の  $s$  が現象的距離であるとは言えずむしろ網膜上の距離であると結論できよう。

### 要 約

奥行き手がかりを持つ背景が仮現運動の生じ方についての効果を持つかについて検討し、同時に、コルテの第3法則における空間距離( $s$ )に関して、それが現象的距離か網膜上の距離かを検討した。背景条件として、奥行き手がかりの程度が異なる3条件(①背景なし、②線画の背景、③写真の背景)を用い、刺激休止時間(ISI)を0 ms~900 msの範囲で20 ms ステップごとに変化させ、各ISIでの仮現運動の出現率を求めた。

その結果、奥行き情報を持つ背景の有無は奥行き方向の仮現運動の出現率の増減をもたらすが、奥行き情報量の差異はそれほど影響しないことが示された。また、網膜上の距離は同じで現象的距離が異なる条件において、仮現運動の出現率に全く差は認められなかった。この結果から、コルテの第3法則に

おける  $s$  は、必ずしも現象的距離に対応するとは言えず、むしろ網膜上の距離に対応することが示唆された。

### 引用文献

- Attneave, F., & Block, G. 1973 Apparent movement in tridimensional space. *Perception and Psychophysics*, **13**, No. 2, 301-307.
- Corbin, H. H. 1942 The perception of grouping and movement in visual depth. *Archives of Psychology*, **38**, No. 273, 1-50.
- Hulin, W.S., & Katz, D. 1934 Eye movement and the phi-phenomenon. *American Journal of Psychology*, **46**, 332-334.
- Koffka, K. 1935 *Principles of gestalt psychology*. New York: Harcourt Brace.
- Misceo, F. M., & Cowan, T. M. 1983 Apparent movement in phenomenal space. *Perception and Psychophysics*, **33**, No. 3, 255-260.
- 盛永四郎・野口薫・古川洋子 1965 ベータ運動における距離の効果について 日本心理学会第29回大会発表論文集, 75.
- 小笠原慈瑛 1936  $\beta$ 運動に及ぼす現象的間隔の影響 心理学研究, **11**, No. 2, 109-122.
- 大羽素 1957  $\beta$ 運動における二点間の網膜的並びに現象的間隔の役割について 心理学研究, **28**, No.1, 28-37.

-1986. 9.30 受稿-